



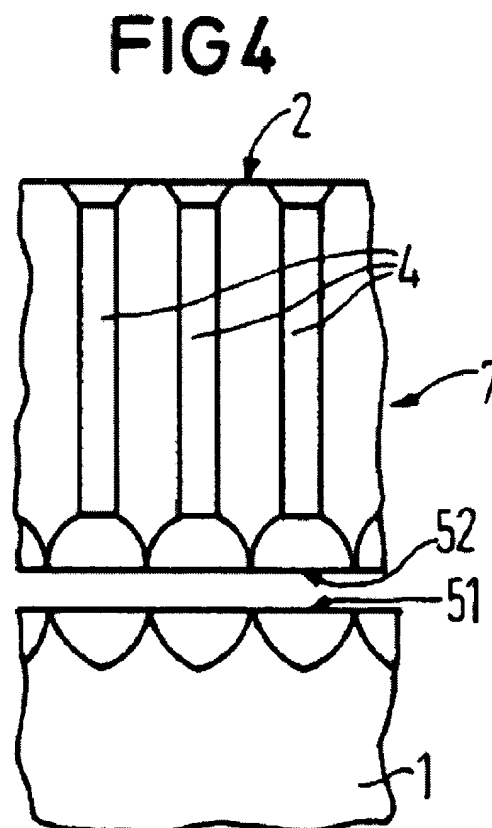


Method for manufacturing a solar cell from a substrate wafer**Patent number:** DE4202455**Publication date:** 1993-08-19**Inventor:****Applicant:****Classification:****- international:** C25F3/12; H01L21/306; H01L31/18**- european:** H01L21/3063; H01L27/142R3; H01L31/0352C3;
H01L31/18C**Application number:** DE19924202455 19920129**Priority number(s):** DE19924202455 19920129**Also published as:** E P0553464 (A1) US 5306647 (A1) J P5275724 (A) E P0553464 (B1)**Report a data error here**

Abstract not available for DE4202455

Abstract of corresponding document: **US5306647**

A self-supporting layer of n-doped monocrystalline silicon is stripped from a substrate wafer of n-doped, monocrystalline silicon by electrochemical etching for manufacturing a solar cell. Holes are formed in the substrate wafer by electrochemical etching, particularly in a fluoride-containing, acidic electrolyte wherein the substrate wafer is connected as an anode. When a depth of the holes that essentially corresponds to the thickness of the self-supporting layer is reached, the process parameters of the etching are modified such that the self-supporting layer is stripped as a consequence of the holes growing together. The solar cell is manufactured from the self-supporting layer, and the method can be applied repeatedly on the same substrate wafer for stripping a plurality of self-supporting layers.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 02 455 C 1

⑤ Int. Cl. 5:
H 01 L 31/18
H 01 L 21/308
C 25 F 3/12

⑳ Aktenzeichen: P 42 02 455.2-33
㉑ Anmeldetag: 29. 1. 92
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 19. 8. 93

DE 42 02 455 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

Siemens AG, 8000 München, DE

㉕ Erfinder:

Lehmann, Volker, Dr., 8000 München, DE; Hönlein, Wolfgang, Dr., 8025 Unterhaching, DE; Stengl, Reinhard, Dr., 8901 Stedtbergen, DE; Willer, Josef, Dr., 8012 Riemerling, DE; Wendt, Hermann, Dr., 8011 Neuheferloh, DE

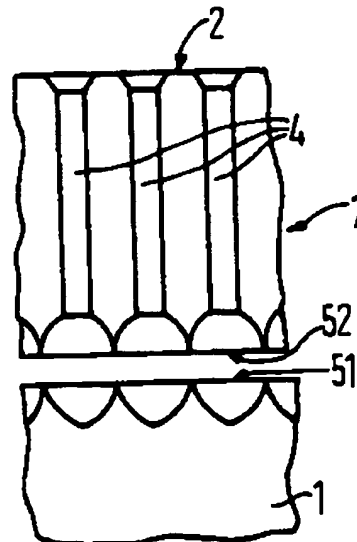
㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 31 22 771 A1
US 50 81 049
US 41 37 123
EP 02 96 348 A1

DE-Z.: Physikalische Blätter, Bd. 47, Nr. 12, 1991,
S. 1075-1076;

㉗ Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle aus einer Substratscheibe

㉘ Zur Herstellung einer Solarzelle wird von einer Substratscheibe (1) aus n-dotiertem, einkristallinem Silizium durch elektrochemisches Ätzen eine freitragende Schicht (7) aus n-dotiertem einkristallinem Silizium abgelöst. Dazu werden in der Substratscheibe (1) durch elektrochemisches Ätzen insbesondere in einem fluoridhaltigen, sauren Elektrolyten, in dem die Substratscheibe (1) als Anode verschaltet ist, Löcher (4) gebildet. Bei Erreichen einer Tiefe der Löcher (4), die im wesentlichen der Dicke der freitragenden Schicht (7) entspricht, werden die Prozeßparameter der Ätzung so geändert, daß die freitragende Schicht (7) durch Zusammenwachsen der Löcher abgelöst wird. Aus der freitragenden Schicht (7) wird die Solarzelle hergestellt. Das Verfahren ist an ein und derselben Substratscheibe (1) mehrmals zum Ablösen mehrerer freitragender Schichten (7) anwendbar.



DE 42 02 455 C 1



Beschreibung

Zur Herstellung von Solarzellen werden unter anderem Substratscheiben aus einkristallinem Silizium verwendet. Die daraus hergestellten einkristallinen Solarzellen sind anderen nicht kristallinen bezüglich Wirkungsgrad und Langzeitstabilität überlegen. Nachteilig ist jedoch der hohe Preis einkristalliner Solarzellen. Dieser hängt mit der Verwendung von einkristallinem Silizium zusammen.

Ein theoretischer Wert für eine ideale Dicke einer Solarzelle aus einkristallinem Silizium liegt bei etwa 0,06 mm. Substratscheiben, aus denen Solarzellen hergestellt werden, können minimal auf eine Dicke von 0,3 mm gesägt werden. Daraus hergestellte Solarzellen sind dann um ein Vielfaches dicker, als es für das Funktionieren der Solarzelle erforderlich wäre. Darüber hinaus trägt das überschüssige einkristalline Siliziummaterial zu einer Vergrößerung des Widerstands bei und verschlechtert so die Eigenschaften der Solarzelle (s. z. B. Phys. Bl. Bd. 47 (1991) S. 1075-1076).

Aus US-PS 50 81 049 ist bekannt, die Oberfläche einer Solarzelle aus einkristallinem Silizium zu vergrößern, um die Antireflexions- und Absorptionseigenschaften zu verbessern. Dazu werden in der Oberfläche der Solarzelle zunächst mechanisch oder durch Laserschreiben Gräben erzeugt und dann die Oberfläche durch eine chemische Ätzung z. B. mit NaOH weiter verändert. Durch Variation der Konzentration der Natronlauge wird ein Übergang von v-förmiger zu u-förmiger Struktur erzeugt.

Aus US-PS 41 37 123 ist ein Verfahren zur Strukturierung der Oberfläche von einkristallinem Silizium bekannt. Dabei wird ein anisotropes Ätzmittel, das Silizium enthält, verwendet. In der Oberfläche werden dadurch zufällig verteilte Pyramiden unterschiedlicher Größe gebildet. Das Verfahren wird zur Reduzierung der Reflektivität von Solarzellenoberflächen verwendet.

Aus DE 31 22 771 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von Solarzellen in einer Scheibe bekannt, bei dem ein Überdotiertes Oberflächengebiet durch Ausdiffusion aus einer entsprechend dotierten Glasschicht hergestellt wird. Der Rand der Scheibe wird dabei mit einer undotierten Glasschicht überzogen, die eine Verunreinigung des Randes durch Dotierstoff vermeidet.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle aus einer Substratscheibe anzugeben, bei dem das Material der Substratscheibe besser ausgenutzt wird.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den übrigen Ansprüchen hervor.

Da die Substratscheibe bei der elektrochemischen Ätzung als Anode geschaltet ist, bewegen sich Minoritätsladungsträger in dem n-dotierten Silizium zu der mit dem Elektrolyten in Kontakt stehenden Oberfläche. An dieser Oberfläche bildet sich eine Raumladungszone aus. Da die Feldstärke im Bereich von Vertiefungen in der Oberfläche größer ist als außerhalb davon, bewegen sich die Minoritätsladungsträger bevorzugt zu diesen Punkten. Dadurch kommt es zu einer Strukturierung der Oberfläche. Je tiefer eine anfänglich kleine Unebenheit durch die Ätzung wird, desto mehr Minoritätsladungsträger bewegen sich wegen der vergrößerten Feldstärke dorthin und desto stärker ist der Ätzangriff an dieser Stelle. Die Löcher wachsen in der kristallogra-

phischen $\langle 100 \rangle$ -Richtung. Es ist vorteilhaft, eine Substratscheibe mit $\langle 100 \rangle$ -Orientierung zu verwenden, da dann die Löcher senkrecht zur ersten Oberfläche wachsen. Das führt wiederum zu einer gleichmäßigen Strukturierung der Substratscheibe.

Die elektrochemische Ätzung von n-dotiertem Silizium zur Herstellung von Löchern oder Gräben ist z. B. aus EP 02 96 348 A1 bekannt, in der Gräben insbesondere für DRAM-Zellen auf diese Weise hergestellt werden. Die Möglichkeit, dieses Ätzverfahrens zum Ablösen freitragender Schichten anzuwenden, wird dort allerdings nicht in Betracht gezogen.

Der Ätzangriff ist abhängig von der Stromdichte in der Substratscheibe und von der Konzentration in dem Elektrolyten. Durch Erhöhung der Stromdichte im Elektrolyten oder durch Verminderung der Konzentration im Elektrolyten wird der Ätzangriff vergrößert. Diese Tatsache wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgenutzt, um bei Erreichen einer Tiefe der Löcher, die im wesentlichen der Dicke der freitragenden Schicht entspricht, den Ätzabtrag so zu vergrößern, daß der Querschnitt der Löcher wächst. Da, wie oben ausgeführt, der Ätzangriff nur im unteren Bereich der Löcher stattfindet, bleibt der Querschnitt der Löcher im oberen Bereich, d. h. in der Nähe der ersten Oberfläche, dabei unverändert. Im unteren Bereich jedoch wachsen die Löcher sowohl in die Breite als auch in die Tiefe. Die elektrochemische Ätzung wird solange fortgesetzt, bis benachbarte Löcher zusammenwachsen und dadurch die freitragende Schicht abgelöst wird.

Die freitragende Schicht besteht wie die Substratscheibe aus n-dotiertem, einkristallinem Silizium. Die freitragende Schicht wird nun zur Herstellung der Solarzelle verwendet.

Die Dicke der freitragenden Schicht ist über die Tiefe der Löcher einstellbar. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die freitragende Schicht in einer Dicke von mindestens 10 µm auf jeden beliebigen Wert der Dicke eingestellt werden. Die freitragende Schicht kann gut in einer Dicke von ungefähr 60 µm hergestellt werden. Die Dicke der Solarzelle kann daher auf den theoretischen Wert für die ideale Dicke eingestellt werden. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Solarzellen können daher mit einem verminderten Bahnwiderstand realisiert werden. Der Bahnwiderstand einer Solarzelle ist kritisch für deren Wirkungsgrad. Je geringer der Bahnwiderstand der Solarzelle ist, desto größer ist deren Wirkungsgrad. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren können daher Solarzellen mit stark verbessertem Wirkungsgrad hergestellt werden.

Darüber hinaus sind Solarzellen geringer Dicke, wie sie in dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden können, weniger empfindlich auf Schädigung durch Alphastrahlung. Strahlungsschäden durch Alphastrahlung stellen beim Einsatz von Solarzellen in der Stromversorgung von Satelliten ein Problem dar.

Ferner ist die Oberfläche der freitragenden Schicht durch den Ätzprozeß rau und ergibt damit eine optische Reflektionsminimierung ohne zusätzliche Prozeßschritte.

Die Stromdichte in der Substratscheibe ist durch Beleuchtung einer der ersten Oberfläche gegenüberliegenden, zweiten Oberfläche der Substratscheibe besonders einfach zu beeinflussen.

In diesem Fall wird das Ablösen der freitragenden Schicht durch Vergrößerung der Beleuchtung erzielt.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, vor der Bildung der Löcher, die erste Oberfläche der Substratscheibe



mit einer Oberflächentopologie zu versehen. Auf diese Weise wird die erste Oberfläche gezielt mit Vertiefungen versehen, an denen der Ätzangriff beim elektrochemischen Ätzen beginnt. Wird die erste Oberfläche mit einer Oberflächentopologie aus regelmäßig angeordneten Vertiefungen versehen, zeigt die abgelöste, freitragende Schicht eine im wesentlichen konstante Dicke. In diesem Fall ist nämlich der Abstand der Löcher im wesentlichen gleich, so daß die Materialmenge zwischen benachbarten Löchern, die durch Vergrößerung des Ätzangriffs zum Ablösen der freitragenden Schicht abgeätzt werden muß, im wesentlichen gleich ist. Dann wachsen im wesentlichen alle Löcher gleichzeitig zusammen.

Für Anwendungen, bei denen es auf eine konstante Dicke der freitragenden Schicht nicht ankommt, kann die Erzeugung der Oberflächentopologie unterbleiben. Das führt in diesem Fall zu einer Prozeßvereinfachung.

Die Oberflächentopologie wird dabei z. B. nach Herstellung einer Fotolackmaske auf der ersten Oberfläche und anschließender alkalischer Ätzung der ersten Oberfläche erzeugt. Zur Herstellung der Fotolackmaske wird dabei konventionelle optische Fotolithographie verwendet.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, die Oberflächentopologie durch lichtinduzierte, elektrochemische Ätzung in demselben Elektrolyten, in dem anschließend die Löcher geätzt werden, herzustellen. Dabei wird auf der ersten Oberfläche unter Verwendung einer Lichtquelle mit einer Wellenlänge kleiner als 1100 nm ein Beleuchtungsmuster erzeugt. Die Stromdichte in der Substratscheibe wird so eingestellt, daß nur an belichteten Stellen des Beleuchtungsmusters lokal ein anodischer Minoritätsträgerstrom über die Substratscheibe fließt, der einen Ätzabtrag der ersten Oberfläche bewirkt. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, daß zur Erzeugung der Oberflächentopologie keine gesonderte Ätztechnik angewendet werden muß.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, nach dem Ablösen der freitragenden Schicht mindestens eine weitere freitragende Schicht von der verbleibenden Substratscheibe durch elektrochemisches Ätzen abzulösen. Das Verfahren kann zum Ablösen weiterer freitragender Schichten so oft wiederholt werden, bis die mechanische Stabilität der verbleibenden Substratscheibe nicht mehr ausreichend ist.

Aus einer Substratscheibe, die durch Sägen in einer Dicke von 500 µm hergestellt ist, wie sie in der herkömmlichen Solarzellenherstellung verwendet wird, können z. B. zehn abgelöste frei tragende Schichten mit einer Dicke von je 30 µm hergestellt werden. Jede der freitragenden Schichten ist Ausgangsmaterial für die weitere Solarzellenherstellung. Da in dem erfindungsgemäßen Verfahren die freitragende Schicht Ausgangsmaterial für die Solarzellenherstellung ist, während in herkömmlichen Verfahren die gesägte Substratscheibe Ausgangsmaterial für die Solarzellenherstellung ist, beträgt die Ausbeute pro gesägter Substratscheibe im erfindungsgemäßen Verfahren bei der Herstellung der Solarzellen ein Vielfaches, im genannten Beispiel Zehnfaches, von der im herkömmlichen Verfahren.

Da das Material der gesägten Substratscheibe in dem erfindungsgemäßen Verfahren viel besser ausgenutzt wird als in den herkömmlichen Verfahren, sinkt der Materialpreis für die in jeder einzelnen freitragenden Schicht gebildeten Solarzelle. Dieser Vorteil wirkt sich noch stärker aus, wenn von dickeren, gesägten Substratscheiben ausgegangen wird. Bei Verwendung einer ge-

sägten Substratscheibe von einer Dicke von z. B. 1 mm können mindestens 25 freitragende Schichten abgelöst werden. Pro freitragender Schicht ergibt sich dann ein Anteil von 4% des Preises der gesägten Substratscheibe. Darüber hinaus haben die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Solarzellen, wie oben schon ausgeführt, wegen ihrer geringeren Dicke und damit dem geringeren Bahnwiderstand einen verbesserten Wirkungsgrad.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren und eines Ausführungsbeispiels genauer erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Substratscheibe mit einer Oberflächentopologie.

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf die in Fig. 1 dargestellte Substratscheibe.

Fig. 3 und Fig. 4 zeigen das Ablösen einer freitragenden Schicht von der Substratscheibe.

Fig. 5 bis Fig. 10 zeigen das Verfahren zur Herstellung der Solarzelle.

Eine Substratscheibe 1 aus n-dotiertem, einkristallinem Silizium mit z. B. <100>-Orientierung ist in einer ersten Oberfläche 2 mit einer Vertiefung 3 umfassenden Oberflächentopologie versehen (s. Fig. 1). Die Substratscheibe 1 ist durch konventionelles Sägen in einer Dicke von z. B. 0,5 mm hergestellt. Die Vertiefungen 3 sind regelmäßig in der ersten Oberfläche 2 angeordnet (s. Draufsicht auf Fig. 1 in Fig. 2).

Die Vertiefungen 3 werden z. B. nach Herstellung einer Fotolackmaske mit Hilfe konventioneller Fotolithographie und anschließender alkalischer Ätzung hergestellt. Alternativ kann die Oberflächentopologie durch lichtinduzierte elektrochemische Ätzung gebildet werden.

Nach Herstellung der Vertiefungen 3 wird die erste Oberfläche 2 mit einem Elektrolyten in Kontakt gebracht. Der Elektrolyt ist fluoridhaltig und sauer. Er enthält eine Flußsäurekonzentration von 1 bis 50%, vorzugsweise 6%. Dem Elektrolyten kann ein Oxidationsmittel, z. B. Wasserstoffsuperoxyd, zugesetzt werden, um die Entwicklung von Wasserstoffbläschen auf der ersten Oberfläche 2 der Substratscheibe 1 zu unterdrücken. Zwischen die Substratscheibe 1 und den Elektrolyten wird eine Spannung von z. B. 3 Volt angelegt. Dabei wird die Substratscheibe 1, die z. B. eine Leitfähigkeit von 5 Ohm cm aufweist, als Anode verschaltet. Die Substratscheibe 1 wird von einer, der ersten Oberfläche 2 gegenüberliegenden zweiten Oberfläche her beleuchtet. Durch die Beleuchtung wird in der Substratscheibe 1 eine Stromdichte von 10 mA pro cm² eingestellt.

Mit diesen Prozeßparametern werden Löcher 4 in die erste Oberfläche 2 geätzt (s. Fig. 3). Die Löcher 4 verlaufen senkrecht zur ersten Oberfläche 2. Sie weisen einen über ihre Tiefe konstanten Querschnitt parallel zur ersten Oberfläche 2 auf. Der Querschnitt der Löcher 4 ist abhängig von der Stromdichte in der Substratscheibe 1 und der Fluoridkonzentration des Elektrolyten.

Nach einer Ätzzeit von 60 Minuten wird mit den obengenannten Prozeßparametern eine Tiefe der Löcher 4 von etwa 30 µm erreicht. Bei dieser Tiefe wird die Stromdichte in der Substratscheibe 1 auf z. B. 30 mA pro cm² erhöht. Dabei wird die Spannung zwischen der Substratscheibe 1 und dem Elektrolyten auf 2 Volt eingestellt. Die Substratscheibe 1 wird weiterhin von der zweiten Oberfläche her beleuchtet. Durch diese veränderten Prozeßparameter entstehen am Boden der Löcher 4 höhlenförmige Erweiterungen 5, weil die Stromdichte vergrößert wurde. Benachbarte höhlenförmige Erweiterungen 5 werden durch Stege 6 getrennt. Die



Breite der Stege 6 nimmt während der Ätzung ab. Nach etwa 10 Minuten sind mit den angegebenen Prozeßparametern die Stege 6 weggeätzt, und die höhlenförmigen Erweiterungen 5 und damit die Löcher 4 wachsen zusammen (s. Fig. 4). Dadurch wird eine freitragende Schicht 7 von dem Rest der Substratscheibe 1 abgelöst. Die freitragende Schicht 7 umfaßt die erste Oberfläche 2 und die Löcher 4. An der der ersten Oberfläche 2 abgewandten Seite weist die freitragende Schicht, bedingt durch das Zusammenwachsen der höhlenförmigen Erweiterungen 5 der Löcher 4 eine strukturierte Oberfläche 52 auf.

Der Rest der Substratscheibe 1 weist ebenfalls eine strukturierte Oberfläche 51, als Folge des Zusammenwachsens der höhlenförmigen Erweiterungen 5, auf. Die strukturierte Oberfläche 51 ist daher, bedingt durch ihre Entstehung, mit einer Oberflächentopologie versehen. Diese Oberflächentopologie entspricht der Anordnung der Vertiefungen 3 zu Beginn der Bearbeitung der Substratscheibe 1 (vgl. Fig. 1). Ausgehend von der Substratscheibe 1 mit der strukturierten Oberfläche 51 kann das Verfahren solange fortgesetzt werden, wie es die mechanische Stabilität des Restes der Substratscheibe erlaubt. Die Grenze liegt bei einer Dicke des Restes der Substratscheibe 1 von 100 bis 200 μm .

Die Dicke der freitragenden Schicht 7 ist durch die Tiefe der Löcher 4 festgelegt, da die Löcher 4 regelmäßig über die erste Oberfläche 2 verteilt sind. Diese regelmäßige Verteilung der Löcher 4 führt dazu, daß die Stege 6 im wesentlichen gleich breit sind und daher die höhlenförmigen Erweiterungen 5 im wesentlichen gleichzeitig zusammenwachsen. Das führt zu einer konstanten Dicke der freitragenden Schicht 7.

Da die strukturierte Oberfläche 51 des Restes der Substratscheibe 1 eine, den Vertiefungen 3 entsprechende Oberflächentopologie aufweist, ist die Dicke weiterer freitragender Schichten, die von dem Rest der Substratscheibe 1 abgelöst werden, bei gleichen Prozeßparametern immer dieselbe.

Aus der freitragenden Schicht 7 wird eine Solarzelle hergestellt. Dazu wird auf die gesamte Oberfläche der freitragenden Schicht 7 eine Schicht 8 aus Bor-Phosphor-Silikat-Glas (BPSG) aufgebracht. Die Schicht 8 bedeckt auch die Oberflächen der Löcher 4 (s. Fig. 5).

Durch Ausdiffusion von Bor aus der Schicht 8 aus BPSG wird ein p⁺-dotierter Bereich 9, der an der gesamten Oberfläche der freitragenden Schicht 7 angeordnet ist, gebildet. Die Dotierung in dem p⁺-dotierten Bereich 9 wird auf z. B. 10^{19} pro cm^3 eingestellt. Im Innern der freiliegenden Schicht 7 verbleibt ein n-dotierter Bereich 10.

Anschließend wird die Schicht 8 aus BPSG entfernt (s. Fig. 6) und eine Lackschicht 11 aufgetragen (s. Fig. 7). Die Lackschicht 11 wird so aufgebracht, daß sie die strukturierte Oberfläche 52 vollständig bedeckt, während im Bereich der ersten Oberfläche 2 und dem oberen, der ersten Oberfläche 2 benachbarten Teil der Löcher 4 der p⁺-dotierte Bereich 9 unbedeckt bleibt (s. Fig. 7).

Außerhalb der Lackschicht 11 wird in einem isotropen Ätzprozeß z. B. mit einem HF , HNO_3 -Gemisch der freiliegende Teil des p⁺-dotierten Bereiches 9 abgeätzt, so daß der n-dotierte Bereich 10 an der ersten Oberfläche 2 und dem oberen Teil der Löcher 4 freigelegt wird (s. Fig. 8).

Nach Entfernung der Lackschicht 11 (s. Fig. 9) wird ein den n-dotierten Bereich 10 kontaktierender erster Kontakt 12 und ein den p⁺-dotierten Bereich 9 kontak-

tierender zweiter Kontakt 13 hergestellt (s. Fig. 10). Der erste Kontakt 12 und der zweite Kontakt 13 sind ohm'sche Kontakte, die z. B. mittels einer Silberleitpaste definiert werden.

Der erste Kontakt 12 zum Anschluß des n-dotierten Bereiches 10 wird als durchgehender Kontakt auf die erste Oberfläche 2 aufgebracht. Der zweite Kontakt 13 wird in strukturierter Form auf die strukturierte Oberfläche 52 aufgebracht. Der zweite Kontakt 13 ist dabei so strukturiert, daß der Lichteinfall, angedeutet durch Pfeile 14, von der strukturierten Oberfläche 52 her in die freitragende Schicht 7 erfolgt. Zur Verbesserung der Leitfähigkeit kann unter den ersten Kontakt 12 und den zweiten Kontakt 13 eine leitfähige Schicht aus z. B. Indium-Zinn-Oxid (ITD) aufgebracht werden.

Die strukturierte Oberfläche 52, durch die der Lichteinfall in die fertige Solarzelle erfolgt, entsteht in dem erfindungsgemäßen Verfahren beim Ablösen der freitragenden Schicht 7. Diese strukturierte Oberfläche 52 weist eine sehr geringe Lichtreflexion auf, was für die Solarzelle ein weiterer Vorteil ist.

Der Wirkungsgrad der Solarzelle kann noch weiter verbessert werden durch eine Oberflächenpassivierung durch Aufbringen einer Schicht aus thermischem SiO_2 nach dem Entfernen der Schicht 8 aus BPSG. Darüber hinaus läßt sich der Wirkungsgrad dadurch verbessern, daß nach dem Freilegen des n-dotierten Bereiches 10 durch Abätzen des p⁺-dotierten Bereiches 9 und vor dem Entfernen der Lackschicht 11 die freigelegten Teile des n-dotierten Bereiches 10 durch Diffusion oder Implantation mit einer höheren n⁺-Dotierung versehen werden. Es empfiehlt sich z. B. eine Dotierstoffkonzentration von 10^{19} pro cm^{-3} .

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle aus einer Substratscheibe,

— bei dem von einer Substratscheibe (1) aus n-dotiertem, einkristallinem Silizium durch elektrochemisches Ätzen eine freitragende Schicht (7) aus n-dotiertem, einkristallinem Silizium dadurch abgelöst wird,

— daß in einer ersten Oberfläche (2) der Substratscheibe (1) durch elektrochemisches Ätzen Löcher (4) gebildet werden,

— daß bei Erreichen einer Tiefe der Löcher (4), die im wesentlichen der Dicke der freitragenden Schicht (7) entspricht, die Prozeßparameter der Ätzung so geändert werden, daß der Querschnitt der Löcher (4) wächst und daß die freitragende Schicht durch Zusammenwachsen der Löcher (4, 5) abgelöst wird,

— bei dem in der freitragenden Schicht (7) mindestens ein p-n-Übergang (9, 10) hergestellt wird,

— bei dem die freitragende Schicht (7) so mit Kontakten (12, 13) versehen wird, daß der p-n-Übergang (9, 10) als Solarzelle verschaltbar ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die elektrochemische Ätzung in einem fluoridhaltigen, sauren Elektrolyten durchgeführt wird, mit dem die erste Oberfläche in Kontakt steht und zwischen den und Substratscheibe (1) eine elektrische Spannung so angelegt wird, daß die Substratscheibe (1) als Anode verschaltet ist und daß in der Substratscheibe eine den Ätzabtrag beeinflussende Stromdichte eingestellt wird.



DE 42 02 455 C1

7

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Löcher (4) senkrecht zur ersten Oberfläche (2) gebildet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Substratscheibe eine $<100>$ -Scheibe ist. 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Substratscheibe (1) durch eine der ersten Oberfläche (2) gegenüberliegende, zweite Oberfläche beleuchtet wird, um die Stromdichte in der Substratscheibe (1) einzustellen. 10
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem an der ersten Oberfläche (2) der Substratscheibe (1) vor der Bildung der Löcher (4) eine Oberflächentopologie erzeugt wird, die die Anordnung der Löcher (4) bestimmt. 15
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem die Oberflächentopologie aus regelmäßig angeordneten Vertiefungen (3) der Oberfläche besteht.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die Oberflächentopologie durch Herstellung einer Fotolackmaske auf der ersten Oberfläche (2) der Substratscheibe (1) und anschließende alkalische Ätzung der ersten Oberfläche (2) der Substratscheibe (1) erzeugt wird. 20
9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die Oberflächentopologie durch elektrochemisches Ätzen in dem Elektrolyten dadurch erzeugt wird, daß auf der ersten Oberfläche (2) unter Verwendung einer Lichtquelle mit einer Wellenlänge kleiner als 1100 nm ein Beleuchtungsmuster erzeugt wird und daß die Stromdichte in der Substratscheibe (1) so eingestellt wird, daß nur an belichteten Stellen des Beleuchtungsmusters lokal ein anodischer Minoritätsträgerstrom über die Substratscheibe (1) fließt, der einen Ätzabtrag der ersten Oberfläche (2) bewirkt. 30
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der Elektrolyt 1 bis 50% Flußsäure (HF) enthält.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem der Elektrolyt zusätzlich ein Oxidationsmittel enthält. 40
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem zum Ablösen der freitragenden Schicht (7) die Stromdichte in der Substratscheibe (1) erhöht wird. 45
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem zum Ablösen der freitragenden Schicht (7) die Konzentration des Fluorid im Elektrolyten reduziert wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, 50
 - bei dem nach dem Ablösen der freitragenden Schicht (7) mindestens eine weitere freitragende Schicht von der Substratscheibe (1) durch elektrochemisches Ätzen abgelöst wird,
 - bei dem in der weiteren freitragenden Schicht (7) mindestens ein pn-Übergang (9, 10) hergestellt wird, 55
 - bei dem die weitere freitragende Schicht so mit Kontakten versehen wird, daß der pn-Übergang als Solarzelle verschaltbar ist. 60
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem der pn-Übergang (9, 10) in der freitragenden Schicht (7) dadurch hergestellt wird, daß die freitragende Schicht (7) mit einer Schicht (8) aus Bor-Phosphor-Silikat-Glas überzogen wird und daß durch Ausdiffusion von Bor aus der Schicht aus Bor-Phosphor-Silikat-Glas in der freitragenden Schicht ein p⁺-dotierter Bereich (9) erzeugt wird. 65

8

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem die Schicht (8) aus Bor-Phosphor-Silikat-Glas die gesamte Oberfläche der freitragenden Schicht (7) bedeckt und der p⁺-dotierte Bereich (9) die gesamte Oberfläche der freitragenden Schicht (7) bedeckt, während die freitragende Schicht (7) im Inneren einen n-dotierten Bereich (10) umfaßt.
17. Verfahren nach Anspruch 16,
 - bei dem nach Entfernen der Schicht (8) aus Bor-Phosphor-Silikat-Glas die freitragende Schicht (7) mit einer Lackschicht (11) versehen wird, die bis auf die erste Oberfläche (2) der freitragenden Schicht (7) und den oberen Teil der Löcher (4) im Bereich der ersten Oberfläche (2) alle Oberflächen des p⁺-dotierten Bereichs abdeckt,
 - bei dem die von der Lackschicht (11) unbedeckten Teile des p⁺-dotierten Bereichs (9) selektiv zur Lackschicht (11) abgeätzt werden, so daß an der ersten Oberfläche (2) der n-dotierte Bereich (10) freigelegt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem vor dem Aufbringen der Lackschicht (11) die Oberfläche des p⁺-dotierten Bereichs (9) mit einer Passivierungsschicht aus thermischen SiO₂ versehen wird.
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, bei dem im Bereich der ersten Oberfläche (2) die freigelegten Teile des n-dotierten Bereichs (10) mit einer n⁺-Dotierung versehen werden.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, bei dem nach Entfernen der Lackschicht auf die erste Oberfläche (2) mindestens ein Kontakt zum Anschluß des n-dotierten Bereichs (10) und auf die der ersten Oberfläche gegenüberliegende, strukturierte Oberfläche (52) mindestens ein Kontakt (13) zum Anschluß des p⁺-dotierten Bereichs (9) so aufgebracht wird, daß Licht durch die strukturierte Oberfläche (52) in die freitragende Schicht (7) eingestrahlt werden kann.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

X

FIG1

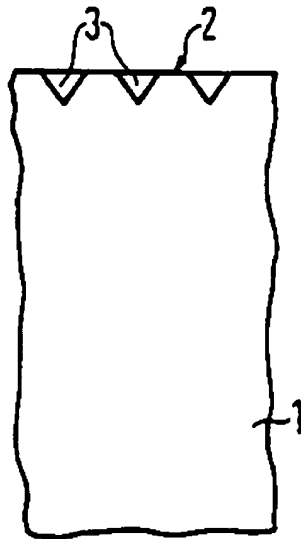


FIG3

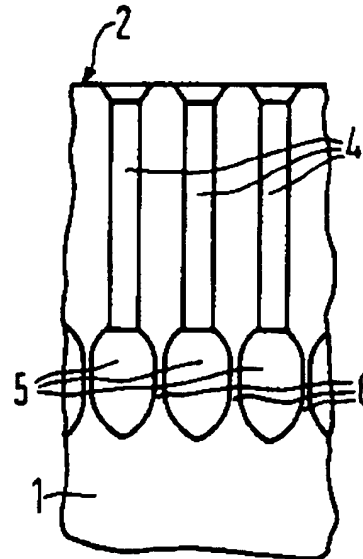


FIG2

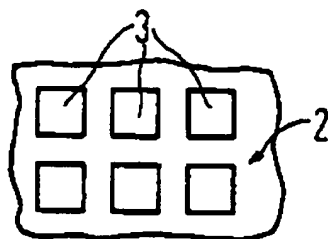


FIG4

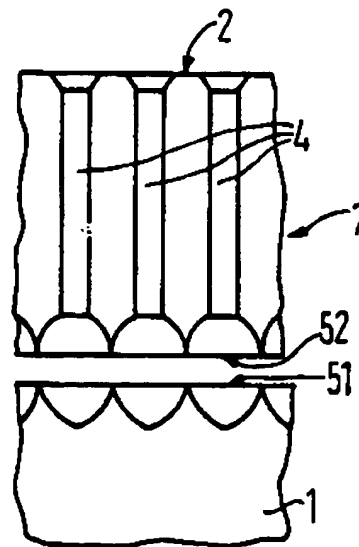


FIG 5

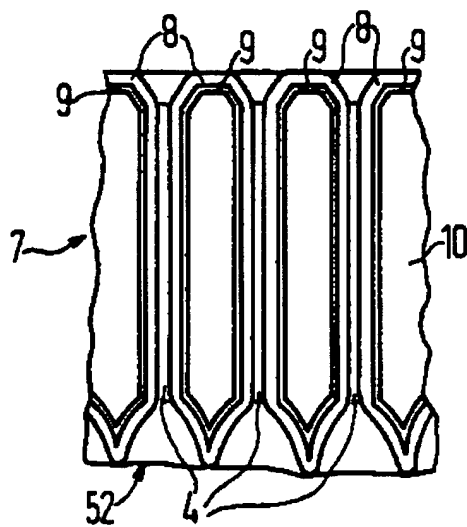


FIG 7

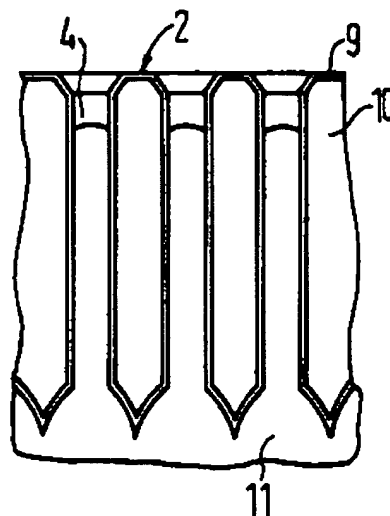


FIG 6

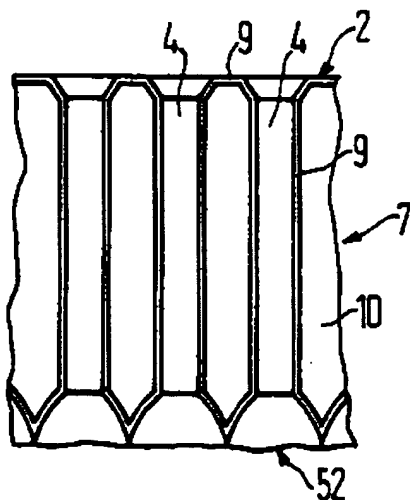


FIG 8

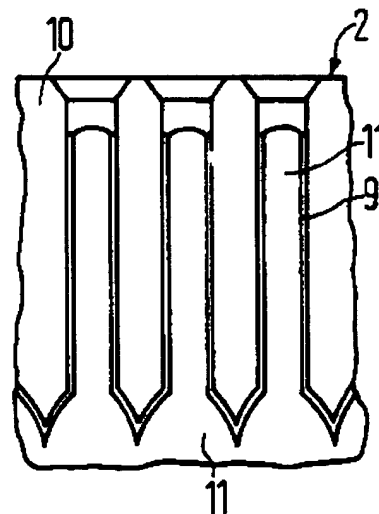


FIG 9

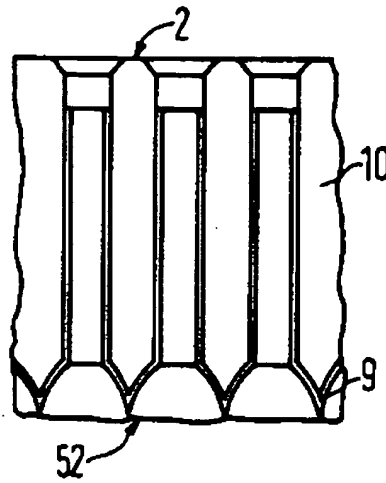


FIG 10

